



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 97102019.1

[43]公开日 1997 年 10 月 8 日

[11] 公开号 CN 1161531A

[22]申请日 97.1.10

[30]优先权

[32]96.4.4 [33]JP[31]082238 / 96

[71]申请人 富士通株式会社

地址 日本神奈川

[72]发明人 大塚善德 沟下义文 越川誉生

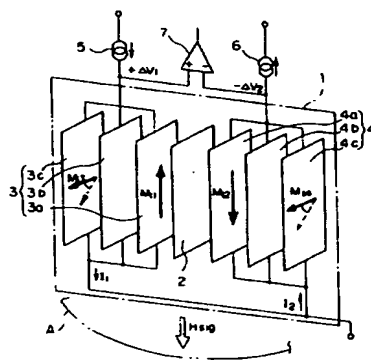
[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标
事务所
代理人 杜日新

权利要求书 10 页 说明书 16 页 附图页数 14 页

[54]发明名称 自旋阀磁阻头及其制造方法和磁存储装置

[57]摘要

一种自旋阀磁阻头包括具有第一磁化自由层和经过第一非磁性中间层的第一磁化闭合层的第一自旋阀器件，具有第二磁化自由层和经过第二非磁性中间层的第二磁化闭合层的第二自旋阀器件，由此使第一和第二磁化闭合层磁化成互相逆平行和根据外磁场可转动地磁化第二磁化自由层。



(BJ)第 1456 号

权 利 要 求 书

1.一种自旋阀磁阻头, 包括:

具有经过第一非磁性中间层在第一方向上被磁化的第一磁化自由层和第一磁化闭合层的第一自旋阀器件;

在上述的第一自旋阀器件上直接或经过绝缘层形成的具有经过第二非磁性中间层在第二方向上被磁化的第二磁化自由层和第二磁化闭合层的第二自旋阀器件, 所述的第二方向与所述的第一方向成逆平行; 和

与所述的第一自旋阀器件和所述的第二自旋阀器件连接的许多电极。

2.根据权利要求 1 所述的自旋阀磁阻头, 其中所述的第一方向和所述的第二方向分别正交相对于媒体的表面。

3.根据权利要求 2 所述的自旋阀磁阻头, 其中电流源与所述的第一自旋阀器件和所述的第二自旋阀器件连接, 使读出电流以平行或垂直于所述的相对媒体的表面的方向流到所述的磁记录媒体。

4.根据权利要求 1 所述的自旋阀磁阻头, 其中所述许多电极以垂直或平行于所述相对媒体表面的方向与对着磁记录媒体相隔一定距离的所述的第一自旋阀器件和所述的第二自旋阀器件的相对媒体的表面连接。

5.根据权利要求 4 所述的自旋阀磁阻头, 其中电流源与所述的第一自旋阀器件和所述的第二自旋阀器件连接以使读出电流以平行或垂直于所述的相对媒体的表面的方向流向磁记录媒体。

6.根据权利要求 4 所述的自旋阀磁阻头, 其中所述的许多电极中的一个电极是由或覆盖与所述的磁记录媒体相对的所述的第一自旋阀器件和所述的第二自旋阀器件的所述的媒体相对的表面的导电薄膜或在所述的媒体相对的表面的表面层上形成的导电层组成。

7.根据权利要求 4 所述的自旋阀磁阻头, 其中与所述的磁记录媒体的电位相一致的电位施加于与位于所述的磁记录媒体附近的所述的第一自旋阀器件和所述的第二自旋阀器件连接的所述的许多电极中的电极。

8.根据权利要求 7 所述的自旋阀磁阻头, 其中在所述的磁记录媒体附近与上述的第一自旋阀器件和所述的第二自旋阀器件连接的许多电极

中的电极与包容所述的第一自旋阀器件和所述的第二自旋阀器件的磁屏蔽体连接。

9.根据权利要求 1 所述的自旋阀磁阻头, 其中所述的第一磁化自由层和所述的第二磁化自由层的各自的磁化方向调定平行于朝向磁记录媒体的所述的相对媒体的表面, 并且互相成平行或逆平行。

10.根据权利要求 1 所述的自旋阀磁阻头, 其中使所述的第一自旋阀器件的所述的第一磁化闭合层与第一反铁磁层形成接触, 并且所述的第一磁化闭合层在所述的第一方向的磁化, 通过所述的第一反铁磁层被固定。

使所述的第二自旋阀器件的所述的第二磁化闭合层与第二反铁磁层形成接触, 并且所述的第二反铁磁层所述的第二磁化闭合层在所述的第二方向的磁化通过第二反铁磁层被固定。和

通过所述的绝缘层使所述的第一反铁磁层和所述的第二反铁磁层磁隔离。

11.根据权利要求 1 所述的自旋阀磁阻头, 其中使所述的第一自旋阀的所述的第一磁化闭合层与所述的第一硬磁层形成接触, 并且所述的第一磁化闭合层在所述的第一方向的磁化, 通过所述第一硬磁层被固定。和

使所述的第二自旋阀器件的所述的第二磁化闭合层与第二硬磁层形成接触, 并且所述的第二磁化闭合层在所述的第二方向的磁化, 通过所述第二硬磁层被固定。

12.根据权利要求 1 所述的自旋阀磁阻头, 其中所述的第一自旋阀器件的所述的第一磁化闭合层是由第一硬磁材料形成的, 和

所述的第二自旋阀器件的所述的第二磁化闭合层是由第二硬磁材料形成的。

13.一种磁存储装置, 包括:

(a) 再生磁头, 包括,

(1) 具有经过第一非磁性中间层在第一方向上被磁化的第一磁化自由层和第一磁化闭合层的第一自旋阀器件,

(2) 在所述的第一自旋阀器件上直接或经过绝缘层形成的,

并且具有在第二方向上经过第二非磁性中间层被磁化的第二磁化自由层和第二磁化闭合层的第二自旋阀器件，使所述的第二方向与所述的第一方向成逆平行，和

(3) 与所述的第一自旋阀器件和所述的第二自旋阀器件连接的许多电极；

(b) 分别向所述的第一自旋阀器件和所述的第二自旋阀器件供给恒流电流的电流源；和

(c) 在施加外信号磁场时根据差分基理检出所述的第一自旋阀器件和所述的第二自旋阀器件的输出信号的电路。

14. 制造自旋阀磁阻头的方法包括的步骤为：

在底基层上顺序形成第一磁化自由层、第一非磁性中间层、第一磁化闭合层和第一反铁磁层；

在所述的第一反铁磁层上形成非磁性绝缘层；

在所述的非磁性绝缘层上顺序形成第二磁化自由层、第二非磁性中间层、第二磁化闭合层和第二反铁磁层；和

对所述的第一磁化自由层、所述的第一非磁性中间层、所述的第一磁化闭合层、所述的第一反铁磁层、所述的非磁性绝缘层、所述的第二磁化自由层、所述的第二非磁性中间层，所述的第二磁性闭合层和所述的第二反铁磁层制作图形；

由所述的第一磁化自由层到所述的第一反铁磁层形成第一自旋阀器件而由所述的第二磁化自由层到所述的第二反铁磁层形成第二自旋阀器件。

15. 根据权利要求 14 所述的制造自旋阀磁阻头的方法，其中所述的第一反铁磁层和所述的第二反铁磁层中的至少一层是用导电材料制成。

16. 根据权利要求 14 所述的制造自旋阀磁阻头的方法包括另外的步骤：

以第一方向施加磁场并以第一温度加热，在真空状态中形成所述的第一磁化闭合层和所述的第一反铁磁层；和

以不同于所述的第一方向的第二方向施加磁场并以低于所述的第一温度的第二温度加热，用阻塞温度比所述的第一反铁磁层的材料的阻塞

温度低的材料制成所述的第二磁化闭合层和所述的第二反铁磁层。

17.根据权利要求 14 所述的制造自旋阀磁阻头的方法包括另外的步骤：

在形成所述的第一磁化自由层、所述的第一非磁性中间层和所述的第一磁化闭合层以后，以第一温度并在第一方向上施加磁场进行热处理，使所述的第一磁化闭合层磁化，和

在形成所述的第二磁化自由层、所述的第二非磁性中间层和所述的第二磁化闭合层以后，以低于所述的第一温度的第二温度在不同于所述的第一方向的第二方向上施加的磁场进行热处理，使所述的第二磁化闭合层磁化。

18.根据权利要求 14 所述的制造自旋阀磁阻头法的方法，包括在用具有高阻塞温度的第一材料形成所述的第一反铁磁层和用具有低阻塞温度的第二材料形成所述的第二反铁磁层以后的另外步骤：

在第一方向上施加第一磁场和以第一温度对形成的结构进行加热，以产生第一反铁磁层的交换耦合；和

在不同于所述的第一方向的第二方向上施加磁场并以低于所述的第一温度的第二温度对所述形成的结构进行加热，以形成第二反铁磁层的交换耦合。

19.根据权利要求 14 所述的制造自旋阀磁阻头的方法，其中用第一硬磁层取代所述的第一反铁磁层而用第二硬磁层取代所述的第二反铁磁层。

20.根据权利要求 19 所述的制造自旋阀磁阻头的方法，其中用矫顽磁力比所述的第二硬磁层的材料的矫顽磁力高的材料制成所述的第一硬磁层，并用比磁化所述的第二硬磁层所使用的磁场弱的磁场磁化所述的第一硬磁层。

21.制造自旋阀磁阻头的方法包括的步骤为：

在底基层上顺序形成第一反铁磁层、第一磁化闭合层、第一非磁性中间层和第一磁化自由层；

在所述的第一磁化自由层上形成非磁性绝缘层；

在所述的非磁性绝缘层上顺序形成第二磁化自由层、第二非磁性中

间层、第二磁化闭合层和第二反铁磁层；和

对所述的第一反铁磁层、所述的第一磁化闭合层、所述的第一非磁性中间层、所述的第一磁化自由层、所述的非磁性绝缘层、所述的第二磁化自由层、所述的第二非磁性中间层、所述的第二磁化闭合层和所述的反铁磁层制作图形；

从而由所述的第一反铁磁层到所述的第一磁化自由层组成第一自旋阀器件而所述的第二磁化自由层到所述的第二反铁磁层组成第二自旋阀器件。

22.根据权利要求 21 所述的制造自旋阀磁阻头的方法，其中所述的第一反铁磁层和所述的第二反铁磁层中的至少一层是用导电材料形成。

23.根据权利要求 21 所述的制造自旋阀磁阻头的方法包括另外的步骤：

在第一方向上施加磁场和并以第一温度加热，在真空状态中形成所述的第一磁化闭合层和所述的第一反铁磁层；和

在不同于所述的第一方向的第二方向上施加磁场并以比所述的第一温度低的第二温度加热，用具有比所述的第一反铁磁层的材料的阻塞温度低的阻塞温度的材料制成所述的第二磁化闭合层和所述的第二反铁磁层。

24.根据权利要求 21 所述的制造自旋阀磁阻头的方法，包括另外的步骤：

在形成所述的第一磁化自由层、所述的第一非磁性中间层和所述的第一磁化闭合层以后，以第一温度并在第一方向上施加磁场进行热处理，以磁化所述的第一磁化闭合层；和

在形成所述的第二磁化自由层、所述的第二非磁性中间层和所述的第二磁化闭合层以后，以低于所述的第一温度的第二温度并在不同于所述的第一方向的第二方向上施加磁场进行热处理以磁化所述的第二磁化闭合层。

25.根据权利要求 21 所述的制造自旋阀磁阻头的方法包括在用具有高阻塞温度的第一材料形成所述的第一反铁磁层和用具有低阻塞温度的第二材料形成所述的第二反铁磁层以后的另外步骤：

在第一方向上施加第一磁场并以第一温度加热形成的结构，以产生第一反铁磁层的交换耦合；和

在不同于所述的第一方向的第二方向上施加第二磁场并以低于所述的第一温度的第二温度加热所形成的结构，以产生第二反铁磁层的交换耦合。

26.根据权利要求 21 所述的制造自旋阀磁阻头的方法，其中用第一硬磁层取代所述的第一反铁磁层而用第二硬磁层取代所述的第二反铁磁层。

27.根据权利要求 26 所述的制造自旋阀磁阻头的方法，其中用矫顽磁力比所述的第二硬磁层的材料的矫顽磁力高的材料制成所述的第一硬磁层，并用比磁化所述的第二硬磁层所使用的磁场弱的磁场磁化所述的第一硬磁层。

28.一种制造自旋阀磁阻头的方法，包括的步骤为：

顺序形成第一磁化自由层、第一非磁性中间层、第一磁化闭合层和第一反铁磁层；

在所述的第一反铁磁层上形成非磁性绝缘层；

在所述的非磁性绝缘层上顺序形成第二反铁磁层、第二磁化闭合层、第二非磁性中间层和第二磁化自由层；和

对所述的第一磁化自由层、所述的第一非磁性中间层、所述的第一磁化闭合层、所述的第一反铁磁层、所述的非磁性绝缘层、所述的第二反铁磁层、所述的第二磁化闭合层、所述的第二非磁性中间层和所述的第二磁化自由层制作图形；

由此所述的第一磁化自由层到所述的第一反铁磁层组成第一自旋阀器件而所述的第二反铁磁层到所述的第二磁化自由层组成第二自旋阀器件。

29.根据权利要求 28 所述的制造自旋阀磁阻头的方法，其中所述的第一反铁磁层和所述的第二反铁磁层中的至少一层是用导电材料制成。

30.根据权利要求 28 所述的制造自旋阀磁阻头的方法，包括另外的步骤：

在第一方向上施加磁场并以第一温度加热，在真空状态中形成所述

的第一磁化闭合层和所述的第一反铁磁层；和

在不同于所述的第一方向的第二方向上施加磁场并以比所述的第一温度低的第二温度加热，用阻塞温度比所述的第一反铁磁层的材料的阻塞温度低的材料制成所述的第二磁化闭合层和所述的第二反铁磁层。

31.根据权利要求 28 所述的制造自旋阀磁阻头的方法，包括另外的步骤：

在形成所述的第一磁化自由层、所述的第一非磁性中间层和所述的第一磁化闭合层以后，在第一温度和在第一方向上施加磁场进行热处理，以磁化所述的第一磁化闭合层，和

在形成所述的第二磁化自由层，所述的第二非磁性中间层和所述的第二磁化闭合层以后，在低于所述的第一温度的第二温度并在不同于所述的第一方向的第二方向上施加磁场进行热处理，以磁化所述第二磁化闭合层。

32.根据权利要求 28 所述的制造自旋阀磁阻头的方法，包括在用具有高阻塞温度的第一材料制成所述的第一反铁磁层和用具有低阻塞温度的第二材料制成所述的第二反铁磁层以后的另外步骤：

在第一方向上施加第一磁场并以第一温度时加热形成的结构以产生第一反铁磁层的交换耦合；和

在不同于所述的第一方向的第二方向上施加第二磁场和在低于所述的第一温度的第二温度上加热所述形成的结构以产生所述的第二反铁磁层的交换耦合。

33.根据权利要求 28 所述的制造自旋阀磁阻头的方法，其中用第一硬磁层取代所述的第一反铁磁层而用第二硬磁层取代所述的第二反铁磁层。

34.根据权利要求 33 所述的制造自旋阀磁阻头的方法，其中用矫顽磁力比所述的第二硬磁层的材料的矫顽磁力高的材料制成所述的第一硬磁层，并用比磁化所述的第二硬磁层所使用的磁场弱的磁场磁化所述的第一硬磁层。

35.制造自旋阀磁阻头的方法包括的步骤为：

在底基层上顺序形成第一反铁磁层、第一磁化闭合层和第一磁化自

由层；

在所述的第一磁化自由层上形成非磁性绝缘层；

在所述的非磁性绝缘层上顺序形成第二反铁磁层、第二磁化闭合层、第二非磁性中间层和第二磁化自由层；和

对所述的第一反铁磁层、所述的第一磁化闭合层、所述的第一非磁性中间层、所述的第一磁化自由层、所述的非磁性绝缘层、所述的第二反铁磁层、所述的第二磁化闭合层、所述的非磁性中间层和所述的第二磁化自由层制作图形；

由此所述的第一磁化自由层到所述的第一反铁磁层组成第一自旋阀器件而所述的第二反铁磁层到所述的第二磁化自由层组成第二自旋阀器件。

36.根据权利要求 35 所述的制造磁阻头的方法，其中所述的第一反铁磁层和所述的第二反铁磁层中的至少一层用导电材料制成。

37.根据权利要求 35 所述的制造磁阻头的方法，包括中外的步骤：

在第一方向上施加磁场并以第一温度加热，在真空状态中形成所述的第一磁化闭合层和所述的第一反铁磁层；和

在不同于所述的第一方向的第二方向上施加磁场并以比所述的第一温度低的、第二温度加热，用阻塞温度比所述的第一反铁磁层的材料的阻塞温度低材料制成所述的第二磁化闭合层和所述的第二反铁磁层。

38.根据权利要求 35 所述的制造磁阻头的方法，包括另外的步骤：

在形成所述的第一磁化自由层、所述的第一非磁性中间层和所述的第一磁化闭合层以后，在第一温度和在第一方向上施加磁场进行热处理，以磁化所述的第一磁化闭合层，和

在形成所述的第二磁化自由层、所述的第二非磁性中间层和所述的第二磁化闭合层以后，在低于所述的第一温度的第二温度并在不同于所述的第一方向的第二方向上施加磁场进行热处理，以磁化所述的第二磁化闭合层。

39.根据权利要求 35 所述的制造磁阻头的方法，包括在用具有高阻塞温度的第一材料制成所述的第一反铁磁层和用具有低阻塞温度的第二材料制成所述的第二反铁磁层以后的另外步骤：

在第一方向上施加第一磁场并以第一温度时加热形成的结构，产生第一反铁磁层的交换耦合；和

在不同于所述的第一方向的第二方向上施加第二磁场并以低于所述的第一温度的第二温度加热所述形成的结构，以产生所述的第二反铁磁层的交换耦合。

40.根据权利要求 35 所述的制造自旋阀磁阻头的方法，其中用第一硬磁层取代所述的第一反铁磁层而用第二硬磁层取代所述的第二反铁磁层。

41.根据权利要求 40 所述的制造自旋阀磁阻头的方法，其中用矫顽磁力比所述的第二硬磁层的材料的矫顽磁力高的材料制成所述的第一硬磁层，并用比磁化所述的第二硬磁层所使用的磁场弱的磁场磁化所述的第一硬磁层。

42.制造自旋阀磁阻头的方法包括的步骤为：

在底基层上顺序形成第一磁化自由层、第一非磁性中间层、第一磁化闭合层和用绝缘材料制成的第一反铁磁层；

在所述的第一反铁磁层上顺序形成用绝缘材料制成的第二反铁磁层、第二磁化闭合层、第二非磁性中间层和第二磁化自由层；和

对所述的第一磁化自由层，所述的第一非磁性中间层、所述的第一磁化闭合层、所述的第一反铁磁层，所述的第二反铁磁层、所述的第二磁化闭合层、所述的第二非磁性中间层和所述的磁化自由层制作图形。

由此所述的第一磁化自由层到所述的第一反铁磁层组成第一自旋阀器件而所述的第二反铁磁层到所述的第二磁化自由层组成第二自旋阀器件。

43.根据权利要求 42 所述的制造自旋阀磁阻头的方法，其中构成所述的第一反铁磁层的绝缘材料或者构成所述的第二反铁磁层的绝缘材料是由或 NiO 或 CoO 组成。

44.根据权利要求 42 所述的制造自旋阀磁阻头的方法包括另外的步骤：

在第一方向上施加磁场并以第一温度加热，在真空状态中形成所述的第一磁化闭合层和所述的第一反铁磁层；和

在不同于所述的第一方向的第二方向上施加磁场并以比上述的第一温度低的第二温度加热，用阻塞温度比所述的第一反铁磁层的材料的阻塞温度低材料制成所述的第二磁化闭合层和所述的第二反铁磁层。

45.根据权利要求 42 所述的制造自旋阀磁阻头的方法包括另外的步骤：

在形成所述的第一磁化自由层、所述的第一非磁性中间层和所述的第一磁化闭合层以后，在第一温度和在第一方向上施加磁场进行热处理，以磁化所述的第一磁化闭合层，和

在形成所述的第二磁化自由层、所述的第二非磁性中间层和所述的第二磁化闭合层以后，在低于所述的第一温度的第二温度时在不同于所述的第一方向的第二方向上施加磁场进行热处理，磁化所述的第二磁化闭合层。

46.根据权利要求 42 所述的制造自旋阀磁阻头的方法包括在用具有高阻塞温度的第一材料制成所述的第一反铁磁层和用具有低阻塞温度的第二材料制成所述的第二反铁磁层以后的另外步骤：

在第一方向上施加第一磁场和在第一温度加热形成的结构，以产生第一反铁磁层的交换耦合；和

在不同于所述的第一方向的第二方向上施加第二磁场和在低于所述的第一温度的第二温度加热所述形成的结构，以产生所述的第二反铁磁层的交换耦合。

47.根据权利要求 42 所述的制造自旋阀磁阻头的方法，其中用第一硬磁层取代所述的第一反铁磁层而用第二硬磁层取代所述的第二反铁磁层。

48.根据权利要求 47 所述的制造自旋阀磁阻头的方法，其中用矫顽磁力比所述的第二硬磁层的材料的矫顽磁力高的材料形成所述的第一硬磁层，并用比磁化所述的第二硬磁层所使用的磁场弱的磁场磁化所述的第一硬磁层。

说明书

自旋阀磁阻头及其 制造方法和磁存储装置

本发明涉及自旋阀磁阻头、制造自旋阀磁阻头的方法和磁存储装置，特别是涉及用在磁盘机、磁带机等上的自旋阀磁阻头、该自旋阀磁阻头的制造方法和磁存储装置。

近年来，随着磁盘机的小型化和存储量增加，要求更高性能的磁头。正当使磁头满足这样的需求时，对磁阻型磁头（下文中称作“MR头”）给予极大的关注。磁阻型磁头能够不依靠存储媒体的移动速度运作、可以用于小尺寸磁盘和能够输出较高的功率。

采用磁性上偏磁的导体层的AMR（各向异性MR）磁头、自旋阀MR头、巨型MR头等可以考虑用作MR头。

在MR头采用磁性上偏磁的导体层的情况下，通常采用部分MR层和引线端暴露于相对的磁记录媒体的这样的结构。在这样的结构的MR头中，在磁头离磁记录媒体的浮动间隙减小时磁头和磁记录媒体之间容易出现短路和放电。所以，担心会损坏磁头。

在专利申请公布（KOKAI）63-23217中陈述了具有能够解决这样的问题的结构的磁阻头，例如，在那里MR薄层准备流通与信号磁场相同方向的读出电流以及只有接地引线端暴露于磁记录媒体的侧面。MR头在磁记录媒体的表面和MR头之间的联系区域内有特殊的作用。把有这样的结构的MR磁头称为立式MR头。

此外，在MR头与磁记录媒体表面的凸出部分相撞时有出现热嘎声的可能性。热嘎声可以表示为由于MR头和凸出部分相撞所以MR器件的温度升高，因而增大电阻值。

提出一种双元件型MR头作为防止热嘎声（asperity）产生的防范措施。例如在Thomas C.AnThony et al. IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 30 No.2 March 1994pp303-308中陈述了这样的MR头。

在这些 MR 头中，仅为了说明起见如图 1 所示，分别与引线 101、102 连接的第一 MR 层和第二 MR 层平行排列并用校正方向互相相反的读出电流 I_1 、 I_2 的相应方向的差分法检出通过这些第一和第二 MR 层 103、104 的读出电流。符号 Hsg 是信号磁场。

虽然一旦出现热噪声，如图 2 所示，第一和第二 MR 层 103、104 的电阻便相应地增大，但是由于用差分方法检出，所以电阻中的同相成分互相抵消。在那里读出电流 I_1 、 I_2 是恒流电流，所以在电阻上的变化表现为电压上的变化。

此外，在专利申请公布 (KOKAI) 7-21530 中陈述了既是上述的立式 MR 头又是双元件型 MR 头的 MR 头。

然而，由于在专利申请公布 (KOKAI) 7-21530 中陈述的 MR 头是具有偏磁导体层的 MR 头、在专利申请公开 (KOKAI) 7-21530 中没有提到有关自旋阀型 MR 头的描述，因为前者的偏磁结构不同于后者。

本发明的目的是提供一种能抑制热噪声产生和防止磁媒体和磁头之间放电及短路的自旋阀磁阻头、该自旋阀磁阻头的制造方法和使用自旋阀磁阻头的磁存储装置。

根据本发明，自旋阀磁头是这样形成的，使二个自旋阀器件重叠，每个自旋阀器件至少包括磁化闭合 (pinning) 层、非磁性中间层和磁化自由层，并且使磁化闭合层的磁化方向成互相逆平行。为此，当信号磁场使一个自旋阀器件的电阻增高时，信号磁场使另一个自旋阀器件的电阻降低，因此，如果这些电阻发生变化，信号就可被增强，也就是电压上的变化可以以差分方式检测出。因此，不仅能改进自旋阀磁阻头的 S/N 比 (信噪比) 而且由于热噪声引起二个自旋阀器件的电阻增量通过差分检出电路能够被抵消，以致电阻变化的检出信号对由热噪声引起的噪声不很灵敏。

相反地，由于与这些自旋阀器件连接的许多电极中的一些电极分别被排列在磁记录媒体侧而许多电极中的另一些电极被安置在远离磁记录媒体处，所以如果使一些电极的电位调定在与磁记录媒体相同的电位，则在自旋阀器件和磁记录媒体之间不会引起放电。

况且，如果在这样二个自旋阀器件的与磁记录媒体相对的表面上形成用作自旋阀器件的电极的导电薄膜或导电层，那么自旋阀器件没有暴露而是安全的。

在为了使二个自旋阀器件的相应的磁化闭合层的磁化方向调整成互相逆平行，使二层反铁磁层各自重叠在相应的磁化闭合层上的情况下，如果相应的反铁磁层用具有不同的阻塞（ blocking ）温度的不同材料组成，则可以使这些磁化闭合层磁化成互相逆平行。总之，如果使用不同的加热温度逐一磁化二层反铁磁层，则根据相应的不同阻塞温度可以逐一地控制二层反铁磁层的相应的磁化方向。

此外，为了调整二个自旋阀器件的相应的磁化闭合层的磁化，可以使用硬磁层。在这种情况下，通过利用二层硬磁层的矫顽磁力上的差别可以按使他们成逆平行方向的方式来调整二层硬磁层的磁化方向。

在对将要结合附图描述或将在附加的权利要求书中说明的例证性的实施例了解时，本发明的其他和进一步的目的是显而易见的。而且对精通技术的人来说，在实践中使用本发明时将会有在本发明中没有提及的各种优点。

图 1 是表示许多平行排列的采用一般偏置磁场的磁阻器件的实例的透视图；

图 2 是表示相应的平行排列的磁阻器件中电阻变化的波形图；

图 3 是表示根据本发明第一实施例的用于磁存储器中只再生磁头的自旋阀器件的薄层结构和电路连接的部件分解透视图；

图 4 是表示根据本发明第一实施例的用于只再生磁头的自旋阀器件和电极间连接的第一实例的透视图；

图 5 是表示根据本发明第一实施例的用于只再生磁头的自旋阀器件和电极间连接的第二实例的截面图；

图 6 是表示根据本发明第一实施例的用于只再生磁头的自旋阀器件和电极间连接的第三实例的截面图；

图 7 是表示根据本发明第二实施例的用于磁存储器中只再生磁头的自旋阀器件的薄层结构和电路连接的部件分解透视图；

图 8 是表示根据本发明的第二实施例的用于只再生磁头的电极和自

旋阀器件间连接的第一实例的透视图；

图 9 是表示根据本发明的第一实施例和第二实施例的用于只再生磁头为了控制自旋阀器件中磁化自由层磁化方向的薄层结构的实例的侧面图；

图 10A 是表示根据本发明第一或第二实施例的构成只再生磁头的二个自旋阀器件的薄层结构（第三实施例）的第一实例的侧面图；

图 10B 和 10C 是分别表示第一实例的二个自旋阀器件的薄层结构变化的侧面图；

图 11A 到图 11D 是表示根据本发明第一或第二实施例的构成只再生磁头的二个自旋阀器件的第一磁化方法和制作图形步骤的侧面图；

图 12A 到图 12D 是表示根据本发明的第一或第二实施例的构成只再生磁头的二个自旋阀器件的第二磁化方法和制作图形步骤的侧面图；

图 13A 是表示根据本发明的第一或第二实施例（第四实施例）的构成只再生磁头的二个自旋阀器件的薄层结构的第二实例的侧面图；

图 13B 和图 13C 是分别表示第二实例的二个自旋阀器件的薄层结构变化的侧面图；

图 14A 是表示根据本发明的第一或第二实施例的构成只再生磁头的二个自旋阀器件的薄层结构（第五实施例）的第三实例的侧面图；

图 14B 是表示二个自旋阀器件的薄层结构的第三实例的变化的侧面图；

图 15A 和图 15B 是分别表示根据本发明的第一或第二实施例的构成只再生磁头的二个自旋阀器件的薄层结构的第三实例的另一种变化的侧面图；

图 16A 是表示根据本发明的第一或第二实施例构成只再生磁头的二个自旋阀器件的薄层结构（第六实施例）的第四实例的侧面图；

图 16B 和图 16C 是分别表示二个自旋阀器件的薄层结构的第四实例的变化的侧面图；

图 17 是表示根据本发明（第七实施例）的附带只再生磁头的磁盘机机的内部结构的平面图；

图 18 是表示根据本发明的记录/再生磁头的截面图。

在下文将参照附图描述本发明各个最佳实施例。应该指出同样的或类似的标记符号用于所有附图中同样的或类似的部分和元件，所以将省略或简化同样或类似的部分或元件的描述。在表示半导体器件时，将知道各个附图没有按从一个图到另一个图的比例来画，而且在得到的图内也没有按比例画。

(第一实施例)

图 3 是表示根据本发明的第一实施例的自旋阀的薄层结构和电路连接的部件分解图。

如图 3 所示，MR 头 1 包括经过非磁性中间绝缘层 2 形成的第一自旋阀器件 3 和第二自旋阀器件 4。

使与磁记录媒体 A 相对的第一自旋阀器件 3 和第二自旋阀器件 4 的侧面设定与磁记录媒体 A 相同的或基本上相同的电压并且使第一自旋阀器件 3 和第二自旋阀器件 4 的对面的侧面分别与恒流源 5、6 连接。在第一自旋阀器件 3 和第二自旋阀器件 4 中电流以基本上垂直于磁记录媒体 A 相对的表面的方向流动。

第一自旋阀器件 3 是由按顺序叠在一起的第一磁化闭合层 3a，用导电材料制成的第一非磁性中间层 3b 和用软磁材料制成的第一磁化自由层 3c 组成。

第二自旋阀器件 4 是由按顺序叠在一起的第二磁化闭合层 4a、用导电材料制成的第二非磁性中间层 4b 和用软磁材料制成的第二磁化自由层 4c 组成。

使第一磁化闭合层 3a 的磁化 M11 和第二磁化闭合层 4a 的磁化 M2 互相调整成逆平行方向，并使这些被调整的磁化 M11、M2 垂直于与磁记录媒体相对的表面。如果第一磁化闭合层 3a 和第二磁化闭合层 4a 用软磁材料制成，那么不是通过硬磁层（未表示出）磁化就是通过反铁磁层和这些磁化闭合层之间的交换耦合调整这些磁化 M11、M2。其详细内容将在以后描述的实施例中说明。

由电流 I_2 通过第二自旋阀器件 4 形成的磁场使第一磁化自由层 3c 磁化，以使第一磁化自由层 3c 的磁化 MB 与第一磁化闭合层 3a 的磁化 M11 成 90 度的角。相反地，由电流 I_1 流过第一自旋阀器件 3 形成的磁场

使第二磁化自由层 4c 磁化结果是使第二磁化自由层 4c 的磁化 M14 与第二磁化闭合层 4a 的磁化 M12 成 90 度的角。在这样的情况下, 第一磁化自由层 3c 的磁化 M13 和第二磁化自由层 4c 的磁化 M14 可以选择互相成或是一样的方向或是相反的方向。

与磁记录媒体 A 相对的第一自旋阀器件 3 的端面与差分放大器电路 7 的 $a_{(+)}$ 侧边输入端连接而与磁记录媒体 A 相对的第二自旋阀器件 4 的端面与差分放大器电路 7 的 $a_{(-)}$ 侧边输入端连接。

在这样的自旋阀 MR 头 1 中, 当图 3 所示的外磁场 H_{sig} 施加于第一自旋阀器件 3 和第二自旋阀器件 4 时, 使第一磁化自由层 3c 磁化 M13 和第二磁化自由层 4c 的磁化 M14 以同样的方向转动并倾斜。在这时候, 由于与第一磁化闭合层 3a 的磁化 M11 相反的第一磁化自由层 3c 的磁化 M13 的分量增大, 所以第一自旋阀器件 3 的电阻增高以致施加于第一自旋阀器件 3 二端的电压增大 $+\Delta V_1$ 。

相反地, 由于与第二磁化闭合层 4a 的磁化 M12 同方向的第二磁化自由层 4c 的磁化 M14 的分量增大, 所以第二自旋阀器件 4 的电阻降低, 结果在施加于第二自旋阀器件 4 二端的电压上产生增量 $-\Delta V_2$ 。

通过施加于第一自旋阀器件 3 二端的电压减去施加于第二自旋阀器件 4 二端的电压, 使输入差分放大器电路 7 的电压变化为 $\Delta V_1 - (-\Delta V_2)$ 。所以, 与其在仅包含一个自旋阀器件的 MR 头中的电阻变化宁可由二个自旋阀器件 3、4 得到的电压变化 $\Delta V_1 + \Delta V_2$ 引起的电阻变化变高。可以通过计算电路 100 中的一个电阻计算电阻变化。

与此同时, 如果热噪声发生, 则由于在或是第一自旋阀器件 3 或是第二自旋阀器件 4 中电阻以同样形式增高, 因此加于第一自旋阀器件 3 二端的电压增加到与加于第二自旋阀器件 4 二端的电压相同的量值。所以, 各自的电阻上的增量在差分放大器电路 7 内能够被抵消。

电阻变化的波形基本上类似于图 2 所示。

由于调节第一自旋阀器件 3 和第二自旋阀器件 4 相对于磁记录媒体 A 的电压, 因此在表面和磁记录媒体 A 之间的放电和电短路决不发生。举个例子, 使磁记录媒体 A 接地。

如图 4 到图 6 所示, 如上所形成的第一自旋阀器件 3 和第二自旋阀

器件 4 是经过中间绝缘 2 叠在一起。使器件 3、4 的平面外形成矩形形状。把构成第一自旋阀器件 3 和第二自旋阀器件 4 相应的薄层的一端固定在磁头的滑板上，以便与磁记录媒体 A 相对。进一步，使下述的电极与这些器件连接。

如图 4 到图 6 所示，使 $a_{(+)}$ 电极 8a 与配置在磁记录媒体 A 上方的第一自旋阀器件 3 的上端连接，而使 $a_{(-)}$ 电极 8b 与配置在磁记录媒体 A 上方的第二自旋阀器件 4 的上端连接。

如图 4 所示，把相对媒体的电极 9 固定在第一自旋阀器件 3 和第二自旋阀器件 4 各自的最下面的侧面上。使媒体相对的电极 9 调定在与磁记录媒体 A 的电位相同的电位或者基本上相同的电位。

如图 5 所示，第一自旋阀器件 3 和第二自旋阀器件 4 被例如 Al_2O_3 绝缘层 10 围着。在绝缘层 10 的二个外侧面上形成用 NiFe 制成的磁屏蔽层 11。在第一自旋阀器件 3、第二自旋阀器件 4、绝缘层 10 和磁屏蔽层 11 的各自最底下表面上连续形成媒体对着的用非磁性导电材料例如钨、钽等制成具有厚度小于 100nm 的电极 9。以上述结构完成只再生磁头。

如图 6 所示，第一自旋阀器件 3 和第二自旋阀器件 4 被例如 Al_2O_3 绝缘层 10 围着。在绝缘层 10 的二个外侧面上形成用 NiFe 制成的磁屏蔽层 11。在第一自旋阀器件 3 和第二自旋阀器件 4 的下部表面和绝缘层 10 的各个朝向媒体的表面上形成导电层 9b。根据上述结构完成只再生磁头。

通过把非磁性金属元素 CrFr 离子注入到第一和第二自旋阀器件 3、4 和绝缘层 10 的表面层形成导电层 9b。能调节离子注入时的加速能量，以使非磁性金属元素的浓度分布的峰值处于离第一自旋阀器件 3 和第二自旋阀器件 4 的表面 100nm 的深度范围内。

由于相对媒体的电极 9a 和导电层 9b 与磁屏蔽层 11 连接，所以第一自旋阀器件 3 和第二自旋阀器件 4 的相对媒体的表面具有和屏蔽层 11 一样的或基本上一样的电压。由于使屏蔽层 11 设定在与磁记录媒体 A 一样的或基本上一样的电压，所以绝不会引起在第一自旋阀器件 3 和第二自旋阀器件 4 的相对媒体的表面与磁记录媒体 A 之间放电。

(第二实施例)

图 7 是表示根据本发明的第二实施例的自旋阀 MR 头的薄层结构和电路连接的部件分解图。图 8 是说明图 7 中电极和自旋阀 MR 头之间连接的第一实例。

如图 9 所示, MR 头 21 包括经过非磁性中间绝缘层 22 形成的第一自旋阀器件 23 和第二自旋阀器件 24。如图 8 所示, 相对媒体的电极 29 和第一电极 28a 分别与在相对中间绝缘层 22 的侧面上的第一自旋阀器件 23 的表面的一个侧面端部分和另一个侧面端部分连接。同样, 另外一个相对媒体的电极 29 和第二电极 28b 分别与在相对中间绝缘层 22 的侧面上的第二自旋阀器件 24 的表面的一个侧面端部分和另一个侧面端部分连接。使第一电极 28a 和第二电极 28b 分别与恒流源 5、6 连接。

第一电极 28a 连接在差分放大器电路 7 的 $a_{(+)}$ 边输入端而第二电极 28b 连接在差分放大器电路 7 的 $a_{(-)}$ 边输入端。

通过逐一沉积第一磁化闭合层 23a、用导电材料制成的第一非磁性中间层 23b 和用软磁材料制成的第一磁化自由层 23c 形成第一自旋阀器件 23。

通过逐一沉积第二磁化闭合层 24a、用导电材料制成的第二非磁性中间层 24b 和用软磁材料制成的第二磁化自由层 24c 形成第二自旋阀器件 24。

使第一磁化闭合层 23a 的磁化 M21 和第二磁化闭合层 24a 的磁化 M22 调整成互相逆平行, 而这些被调整的磁化 M21、M22 垂直于朝向磁记媒体 A 的表面。如果第一磁化闭合层 23a 和第二磁化闭合层 24a 是由软磁材料组成, 则借助于或是硬磁层 (未表示出) 的磁化或是反铁磁层和这些磁化闭合层之间的交换耦合调整这些磁化 M21、M22。将在以后叙述的实施例中作出其详细的说明。

在如图 7 所示的不加信号磁场 H_{sig} 的条件下, 以与第一磁化闭合层 23a 的磁化 M21 基本上成 90 度角度的方向使第一磁化自由层 23c 磁化。同样, 以与第二磁化闭合层 24a 的磁化 M22 基本上成 90 度角度的方向使第二磁化自由层 24c 磁化。

为了控制第一磁化自由层 23c 的磁化 M23 和第二磁化自由层 24c 的磁化 M24 的方向, 将采用如图 7 和图 9 所示的结构。

更详细地说,能够采用在邻接媒体相对的电极 29 的第一磁化自由层 23c 和第二磁化自由层 24c 的端面部分上和邻接第一和第二电极 28a、28b 的第一磁化自由层 23c 和第二磁化自由层 24c 的端面部分上经过绝缘层 32、33 分别形成磁化控制层 34 和 35 的这样的结构。通过磁化这些磁化控制层 34 和 35,能够在第一磁化自由层 23c 和第二磁化自由层 24c 内产生与第一磁化闭合层 23a 的磁化 M21 和第二磁化闭合层 24a 的磁化 M22 互相垂直的磁场。

在这种情况下,注意到磁场强度应该选用不改变第一磁化闭合层 23a 的磁化 M21 和第二磁化闭合层 24a 的磁化 M22 二者方向的这样的量值。在第一实施例中也可以使用这种结构。

在这样的情况下,如图 7 所示,第一磁化自由层 23c 的磁化 M23 和第二磁化自由层 24c 的磁化 M24 可以选取互相一致的方向。

如果图 7 所示的外磁场 H_{sig} 以从如图 7 中由破折线所示的自旋阀 MR 磁头 21 向磁记录媒体 A 的方向作用于第一自旋阀器件 3 和第二自旋阀器件 4,则使第一磁化自由层 23c 的磁化 M23 和第二磁化自由层 24c 的磁化 M24 转向并向磁记录媒体 A 边倾斜。

由于与第一磁化闭合层 23a 的磁化 M21 相反的磁化 M23 的分量在第一磁化自由层 23c 中例如增大,因此第一自旋阀器件 23 的电阻增高以使输入到差分放大电路 7 的 (+) 侧端的电压增加 $+\Delta V_1$ 。

相反地,由于与第二磁化闭合层 24a 的磁化 M22 同方向上的磁化 M24 的分量在第二磁化自由层 24c 中增大,因此第二自旋阀器件 24 的电阻降低,结果产生输入到差分放大器电路 7 的 (-) 侧端的电压上的增量 $-\Delta V_2$ 。

通过作用在第一自旋阀器件 23 两端的电压减去作用在第二自旋阀器件 24 两端的电压,使输入到差分放大器电路 7 的电压变化为 $\Delta V_1 - (-\Delta V_2)$ 。所以,与其在只包括一个自旋阀器件的 MR 头中的电压变化宁可电压变化变高。

在这期间,如果出现热噪声,则由于在第一自旋阀器件 23 和第二自旋阀器件 24 二者中电阻同等程度地增加,因此第一自旋阀器件 23 两端电压增加到与第二自旋阀器件 24 相同的量值。所以,相应的电阻上的增

量能在差分放大器电路 7 中被抵消, 因此能够看到热噪声没有引起电阻变化。

在图 9 中, 标记 31 表示一对衬底。构成衬底 31 以便第一自旋阀器件 23、第二自旋阀器件配置在中间, 衬底 31 具有绝缘层 10 和磁屏蔽层 11。

(第三实施例)

图 10A 是表示在本发明的第一实施例和第二实施例中说明的第一和第二自旋阀器件的薄层结构第一实例的侧面图。图 10B 和图 10C 是分别表示薄层结构第一实例的变化的侧面图。

通过从衬底开始按磁化自由层、非磁性中间层和磁化自旋层的次序沉积许多薄层构成根据第三实施例的 MR 头中的第一和第二自旋阀器件。

首先将说明图 10A 所示的器件结构。

在衬底(未表示出)上逐一形成用软磁材料例如 NiFe 制成的第一磁化自由层 41a、用非磁性导电材料例如 Cu 制成的第一非磁性中间层 41b、用软磁材料例如 NiFe 制成的第一磁化闭合层 41c 和第一反铁磁层 41d。这些薄层可以构成第一自旋阀器件 42。在这场合虽然 FeMn、NiMn、NiO 等可以被考虑用作第一反铁磁材料, 但是由于电极没有与第一反铁磁层 41a 连接, 所以不一定要用导电材料制成第一反铁磁层 41d。

此外, 非磁性中间绝缘层 43 用 Al_2O_3 、 SiO_2 或诸如此类的氧化物组成。接着按次序形成用软磁材料例如 NiFe 制成的第二磁化自由层 44a、用非磁性导电材料例如 Cu 制成的第二非磁性中间层 44b、用软磁材料例如 NiFe 制成的第二磁化自旋层 44c 和第二反铁磁层 44d。因而能够完成第二自旋阀器件 45。在这场合由于至少一个电源电极和媒体相对的电极与第二反铁磁层 44d 连接, 所以导电的 FeMn 、 NiMn 、 PdMn 或诸如此类合金可以被用作第二反铁磁层 44d 的材料。

在生长成这些薄层以后, 用照相平版印刷技术使这些薄层构成图形。

同时, 借助于反铁磁层和磁化闭合层之间的交换耦合必须使第一磁

化闭合层 41c 的磁化 M_{11} 和第二磁化自旋层 44c 的磁化以逆平行取向。所以为调定这样的磁化方向可以使用下列方法。

就这样一种方法而言，有一种方法在那里用具有高阻塞温度的材料制成第一反铁磁层 41d 和用具有低阻塞温度的材料制成第二反铁磁层 44d。

举例来说，如图 11A 所示，在温度为 200 到 300 $^{\circ}\text{C}$ 时在第一磁化闭合层 41c 上形成具有高阻塞温度的 NiMn ，用作第一反铁磁层 41d。在作用于第一方向的磁场内生长 NiMn 。此后，如图 11B 所示，在温度约为 160 $^{\circ}\text{C}$ 时在第二磁化自旋层 44c 上形成用作第二反铁磁层 44d 的 FeMn 。在与第一方向相反的方向施加磁场 H_{02} 时进行 FeMn 的生长。

在温度为 200 到 300 $^{\circ}\text{C}$ 时在 NiMn 内发生互相交换运作，但是 FeMn 的阻塞温度是在 160 $^{\circ}\text{C}$ 左右。所以，由于在形成第二反铁磁层 44d 时使用磁场 H_{02} ，因此第一反铁磁层 41d 的磁化方向没有改变。

此后，如图 11C 所示，在第二反铁磁层 44d 上形成抗蚀剂掩模 P。其次，如图 11D 所示，通过离子铣去除没有被抗蚀剂掩模 P 覆盖的部分，使第一和第二自旋阀器件 42、45 形成预定的形状。在构成图形以后去除抗蚀剂掩模 P。

应该明白可以在第一反铁磁层 41d 形成以后使用在第一方向上的磁场 H_{01} ，然后可以在第二反铁磁层 44d 形成以后使用磁场 H_{02} 。

在这样的情况中，在形成第一反铁磁层 41d 和第二反铁磁层 44d 当中确定交换耦合的方向，但是这样的方向也可以在第一反铁磁层 41d 和第二反铁磁层 44d 的形成结束以后确定。

例如，先形成包括用 NiMn 制成的第一反铁磁层 41d 的第一自旋阀器件 42，然后形成包括用 FeMn 制成的第二反铁磁层 44d 的第二自旋阀器件 45。然后，如图 12A 所示，第一反铁磁层 41d 在第一方向上的磁场 H_{01} 中被加热到引起交换耦合的温度。其次，如图 12B 所示，使第二反铁磁层 44d 加热到大约在阻塞温度以上并然后以与第一方向相反的方向施加磁场 H_{02} 。结果，由第一反铁磁层 41d 交换耦合的磁化方向与由第二反铁磁层 44d 交换耦合的磁化方向成逆平行。接着，如图 12C 和图 12D 所示，由于使用抗蚀剂掩膜 P 所以使第一自旋阀器件 42 和第二自旋阀器

件 45 制成所希望的形状。

下一步，将作关于图 10B 所示的器件结构的说明。

图 10B 所示的薄层结构与图 10A 所示的薄层结构差别在于用第一硬磁层 41e 取代第一反铁磁层 41d 而用第二硬磁层 44e 取代第二反铁磁层 44d。CoCrPt、CoCrTa 等可以用作硬磁材料。第二硬磁层 44e 必须用导电材料制成，因为引线端被连接到那里。

第一硬磁层 41e 的磁化 M31 和第二硬磁层 44e 的磁化 M32 互相成逆平行。可以提出下列的作磁化处理的建议。

例如，为了与其增大第二硬磁层 44e 的矫顽磁力 H_{c2} 不如增大第一硬磁层 41e 的矫顽磁力 H_{c1} ，用 CoCrTa、CoCrPt 等作第二硬磁层 44e 而用 CoNiCr 等作第一硬磁层 41e。在第一磁场 H_{01} 中生长第一硬磁层 41e 而然后在具有不改变第一硬磁层 41e 的磁化 M31 方向的作用范围的第二磁场 H_{02} 中生长第二硬磁层 44e。第一磁场 H_{01} 与第二磁场 H_{02} 取向相反。按照图 10B 所示的薄层结构，根据第一硬磁层 41e 的磁化 M31 和第二硬磁层 44e 的磁化 M32 分别确定第一磁化闭合层 41c 的磁化 M11 和第二磁化闭合层 44c 的磁化 M12 的方向。然而，如图 10c 所示，可以用硬磁材料分别制成第一磁化闭合层 41c 和第二磁化闭合层 44c。例如，可以在真空气氛中溅射沉积相应的薄层。这在下面的实施例中同样适用。

(第四实施例)

在上述的第三实施例中，在那里说明了按磁化自由层、非磁性中间层和磁化自旋层的次序形成构成 MR 头的第一和第二自旋阀器件相应的薄层结构的情况。然而，形成相应的薄层的次序不局限于这样的次序。将在下文说明与第三实施例不同的薄层结构。

在第四实施例中，按磁化自旋层、磁化自由层和非磁性中间层的次序在衬底上生长构成第一自旋阀器件的薄层，而用与第三实施例同样的方法形成第二自旋阀器件。

图 13A 表示关于这样的二个自旋阀器件的薄层结构的例子。

逐一在衬底(未表示出)上形成用导电磁性材料例如 NiMn、PdMn 等制成的第一反铁磁层 46a、用软磁材料例如 NiFe 制成的第一磁化闭合

层 46b、用非磁性导电材料例如 Cu 制成的第一非磁性中间层 46c 和用软磁材料例如 NiFe 制成的第一磁化自由层 46d。由这些薄层组成第一自旋阀器件 47。由于薄层 46a 的底层用作引线端连接的表面，所以第一反铁磁层 46a 用导电材料制成。然而，除薄层 46 的底层用 NiFe 制成之外，由于 FeMn 中不能形成面心立方晶体结构，所以 FeMn 不能用作第一反铁磁层 46a 的材料。

在形成非磁性中间绝缘层 48 以后，按顺序形成用软磁材料例如 NiFe 制成的第二磁化自由层 49a、用非磁性导电材料例如 Cu 制成的第二非磁性中间层 49b 和用软磁材料例如 NiFe 制成的第二磁化自旋层 49c。然后在第二磁化自旋层 49c 上形成第二反铁磁层 49d，由此能够完成第二自旋阀器件 50。在那里由于不是电源电极就是媒体相对的电极与第二反铁磁层 49d 连接，所以 FeMn、NiMn、PdMn 或诸如具有导电性能之类似物可以用作第二反铁磁层 49d。

在完成薄层生卡以后，用照相平版印刷技术使构成第一自旋阀器件 47 和第二自旋阀器件 50 的这些薄层制成图形。

在上述的薄层形成中间或者在上述的薄层形成以后，使由第一反铁磁层 46a 调整的第一磁化闭合层 46b 的磁化 M11 方向和由第二反铁磁层 49d 调整的第二磁化自旋层 49c 的磁化 M12 方向校正成逆平行。如第三实施例中的情况那样，在磁化处理中可以应用阻塞温度上的差异。

其次，将说明图 13B 中所示的薄层结构。

图 13B 所示的薄层结构与图 13A 所示的薄层结构之间的差别在于用第二硬磁层 46e、49e 代替第一和第二反铁磁层 46a、49d。与引线端连接的第一和第二硬磁层必须用导电硬磁材料例如 CoCrPt、CoCrTa 等制成。

第一硬磁层 46e 和第二硬磁层 49e 被磁化成互相逆平行。如第三实施例所说明的那样，磁性材料的矫顽磁力被用作磁化处理。

根据图 13B 所示的薄层结构，按照第一硬磁层 46e 的磁化 M41 和第二硬磁层 49e 的磁化 M42 分别确定第一磁化闭合层 46b 的磁化 M11 和第二磁化闭合层 49c 的磁化 M12 的方向。然而，如图 13C 所示，可以用硬磁材料分别制成第一磁化闭合层 46b 和第二磁化闭合层 46c。

(第五实施例)

在第五实施例中，将讨论在那里形成构成二个自旋阀器件中的第二自旋阀器件也就是相对于衬底设置的上面的自旋阀器件的薄层不同于第三和第四实施例中的薄层的情况。

首先将在下文说明图 14A 所示的器件结构。

在衬底（未表示出）上逐一地形成用软磁材料例如 NiFe 制成的第一磁化自由层 51a、用非磁性导电材料例如 Cu 制成的非磁性中间层 51b、用软磁材料例如 NiFe 制成的第一磁化闭合层 51c 和第一反铁磁层 51d，由此能够形成第一自旋阀器件 52。FeMn、NiMn、NiO 等可以列为第一反铁磁层 51d 的材料，因此不一定总是用导电材料作第一反铁磁层 51d 的材料。

此后，形成非磁性中间绝缘层 53。然后按次序形成例如 NiMn、PdMn、NiO 等的第二反铁磁层 54a、用软磁材料例如 NiFe 制成的第二磁化自旋层 54b、用非磁性导电材料例如 Cu 制成的第二非磁性中间层 54c 和用软磁材料例如 NiFe 制成的第二磁化自由层 54d。由此能够获得第二自旋阀器件 55。在那里由于没有电极与第二反铁磁层 54a 连接，所以对于第二反铁磁层 54a 不需要用导电材料，但是由于薄层 54a 的底层组成中间绝缘层所以不能使用没有面心立方结构的 FeMn。

在这些薄层生长结束以后，用照相平版印刷技术使这些薄层构成图形。通过第一反铁磁层 51d 调整的第一磁化闭合层 51c 的磁化 M11 和通过第二反铁磁层 54a 调整的第二磁化自旋层 54b 的磁化 M12 必须校正成互相逆平行。与第三实施例一样，阻塞温度上的差别可以用于磁化处理。

其次，将作关于图 14B 所示结构的说明。

由于用第一和第二硬磁层 51e、54e 取代第一和第二反铁磁层 51d、54a，所以图 14B 所示的薄层结构与图 14A 所示的薄层结构是可以区分的。虽然 CoCrPt、CoCrTa 等可以用作硬磁材料，但是由于第一和第二硬磁层 51e、54e 不与电极连接所以第一和第二硬磁层 51e、54e 不一定要用导电材料制成。

第一硬磁层 51e 和第二硬磁层 54e 被磁化成互相逆平行。如在第三实施例中所说明的那样，磁性材料的矫顽磁力上的差别应用于磁化处

理。

根据图 14B 所示的薄层结构, 按照第一硬磁层 51e 的磁化 M51 和第二硬磁层 54e 的磁化 M52 分别确定第一磁化闭合层 51c 和第二磁化闭合层 54b 的磁化方向。而且如图 15A 所示, 可以用硬磁材料分别制成第一磁化闭合层 51c 和第二磁化闭合层 54b 以致可以省去第一和第二硬磁层。

在图 14A 中, 绝缘材料例如 NiO、CoO 等可以用于第一和第二反铁磁层 51d 和 54a。在这种情况下, 如图 15B 所示, 使第一自旋阀器件 52 与第二自旋阀器件 55 电学上隔离的非磁性中间绝缘层 53 是可以忽略的。

(第六实施例)

在第六实施例中, 将说明在衬底侧面上安置控制第一和第二自旋阀器件相应的磁化自旋层的磁化方向的反铁磁层或硬磁层的情况。

图 16A 表示第一和第二自旋阀器件的薄层结构的一个实例。

在衬底(未表示出)上逐一形成用导电磁性材料例如 NiMn、PdMn 等制成的第一反铁磁层 61a、用软磁材料例如 NiFe 制成的第一磁化闭合层 61b、用非磁性导电材料例如 Cu 制成的非磁性中间层 61c 和用软磁材料例如 NiFe 制成的第一磁化自由层 61d。这些薄层可以构成第一自旋阀器件 62 的薄层结构。由于底层用作引线端连接的表面所以用导电材料作第一反转铁磁层 61a、但是由于底层不用 NiFe 构成, 所以不能用具有面心立方晶体结构的 FeMn 组成第一反铁磁层 61a。

在形成非磁性中间绝缘层 63 以后, 按次序形成例如 NiMn、PdMn、NiO 等的第二反铁磁层 64a、用软磁材料例如 NiFe 制成的第二磁化自旋层 64b、用非磁性导电材料例如 Cu 制成的第二非磁性中间层 64c 和用软磁材料例如 NiFe 制成的第二磁化自由层 64d。由此能够完成第二自旋阀器件 65 的薄层结构。在那里由于没有电极与第二反铁磁层 64 连接所以不一定用导电材料制作第二反铁磁层 64a, 但是由于形成薄层 64a 的底层作中间绝缘层 63 所以不能使用不采取面心立方晶体结构的 FeMn。

在这些薄层生长结束以后, 用照相平版印刷技术使这些薄层构成图

形。

同时，使通过第一反铁磁层 61a 调整的第一磁化闭合层 61b 的磁化 M11 和通过第二反铁磁层 64a 调整的第二磁化自旋 64b 的磁化 M12 校正成互相逆平行。利用磁性材料的阻塞温度上的差别的方法也可以用于磁化处理，如第三实施例中所说明的那样。

其次，将在下文作关于图 16B 和图 16C 所示的薄层结构的说明。

图 14B 所示的薄层结构与图 14A 所示的薄层结构的差别在于用第一和第二硬磁层 61e、64e 代替第一和第二反铁磁层 61a、64a。虽然 CoCrPt、CoCrTa 等可以用作硬磁材料，但是由于第二硬磁层 64e 没有与电极连接所以不一定要用导电材料制作第二硬磁层 64e。

第一硬磁层 61e 和第二硬磁层 64e 被磁化成互相逆平行方向。也如第三实施例中所说明的那样，磁性材料的矫顽磁力上的差别用于磁化处理。

按照图 16B 中所示的薄层结构，分别根据第一硬磁层 61e 的磁化 M61 和第二硬磁层 64e 的磁化 M62 确定第一磁化闭合层 61b 和第二磁化闭合层 64b 的磁化 M11、M12 的方向。而且，如图 16C 所示，可以用硬磁材料分别制成第一磁化闭合层 61a 和第二磁化闭合层 64b。

(第七实施例)

如图 17 所示，具有上述的结构自旋阀 MR 能够用于磁盘机。

在图 17 中，使磁盘机如磁记录媒体和吊架 72 装配到机盒 70 中。吊架 72 的一端可移动地装在磁盘机 71 的上方，而在磁盘机 71 上方飞越的滑座 73 装在吊架 72 的一端，已经被说明的自旋阀磁头 1 (21) 附在滑座 73 上。

如图 18 所示，在自旋阀 MR 头 1 (21) 上形成感应型只读磁头 74。

对精通技术的人来说，没有脱离本发明范围的各种改进是有可能实现的。

图.1(现有技术)

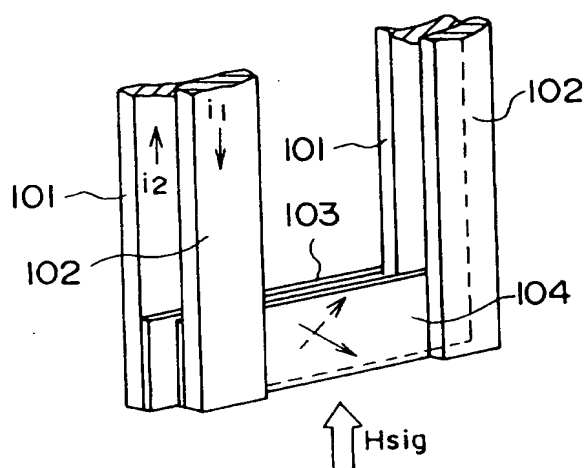


图.2(现有技术)

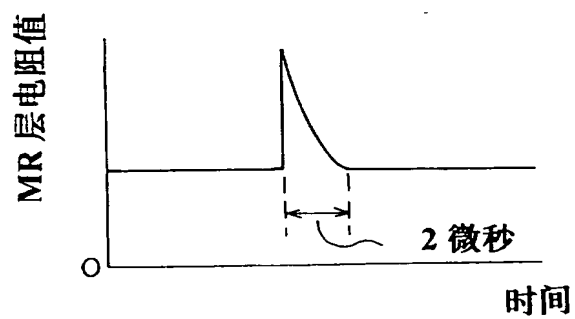


图.3

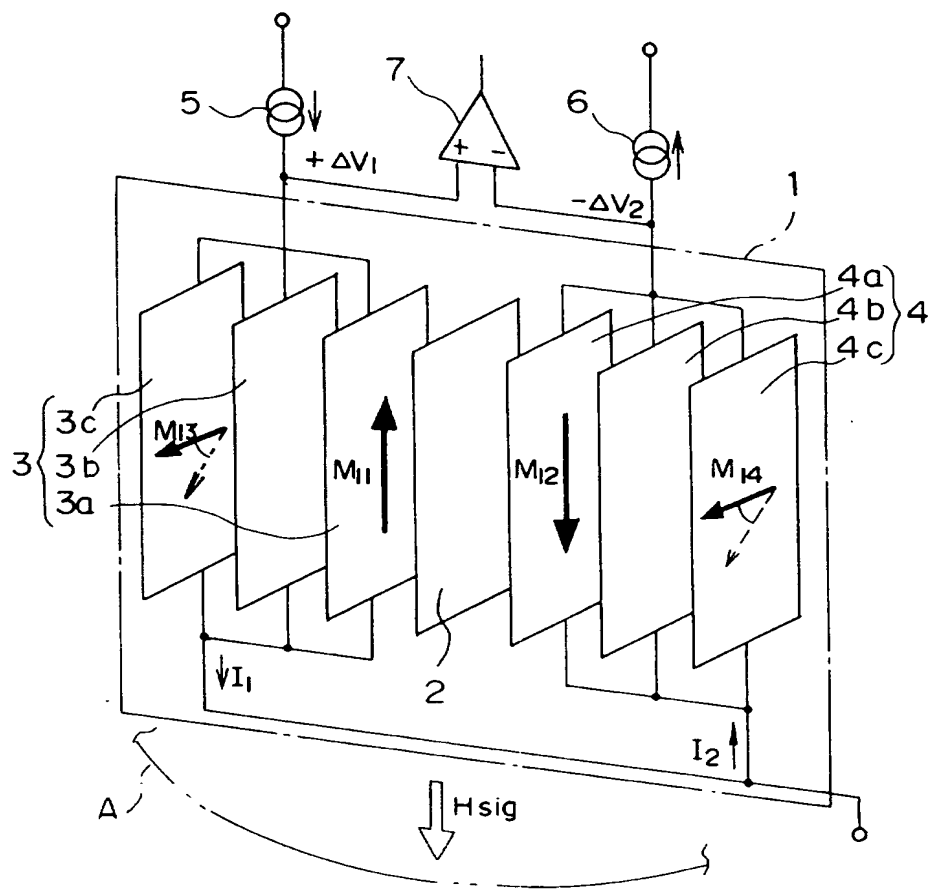


图.4

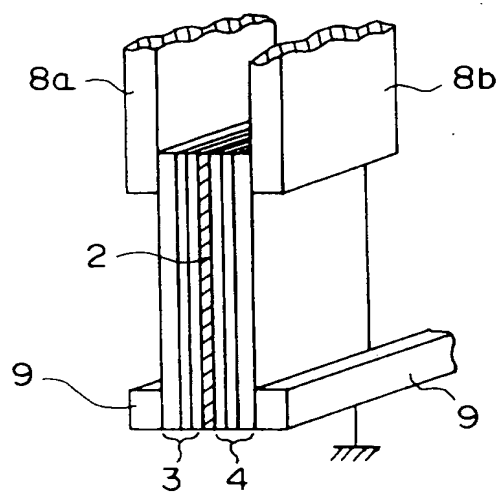


图.5

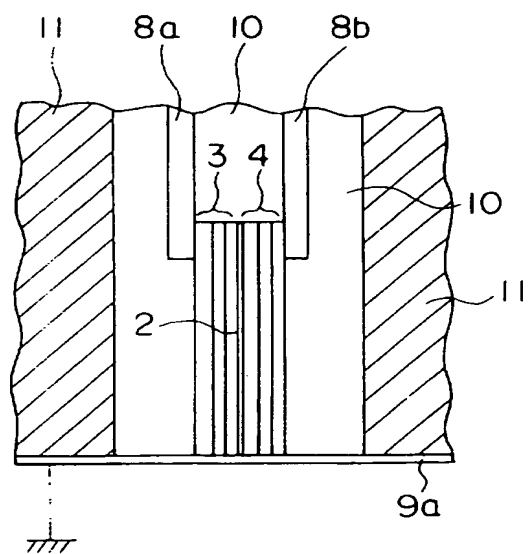


图.6

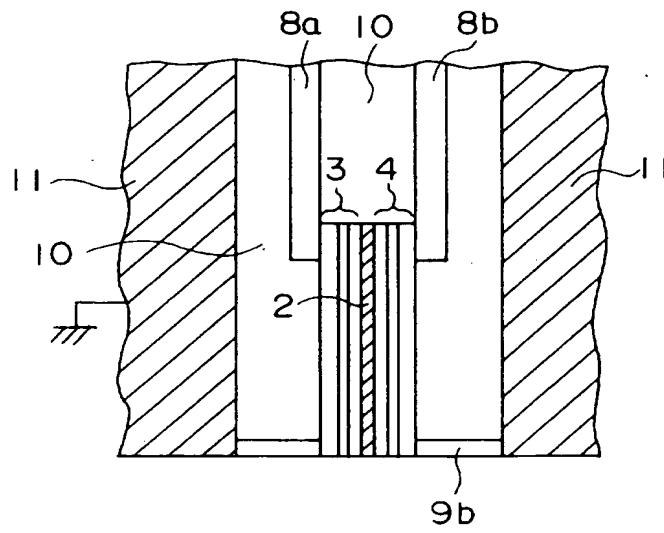


图.7

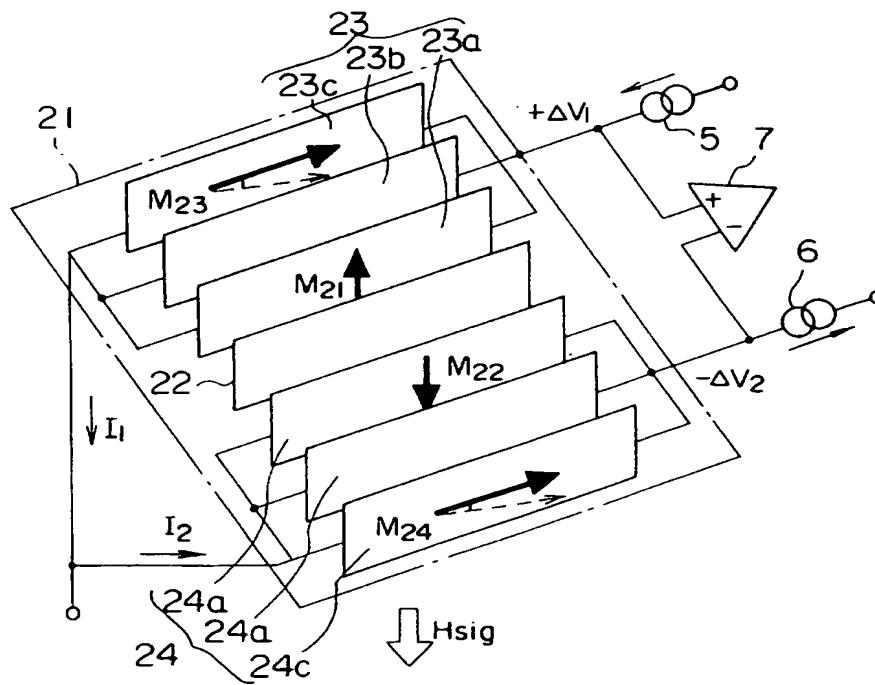


图.8

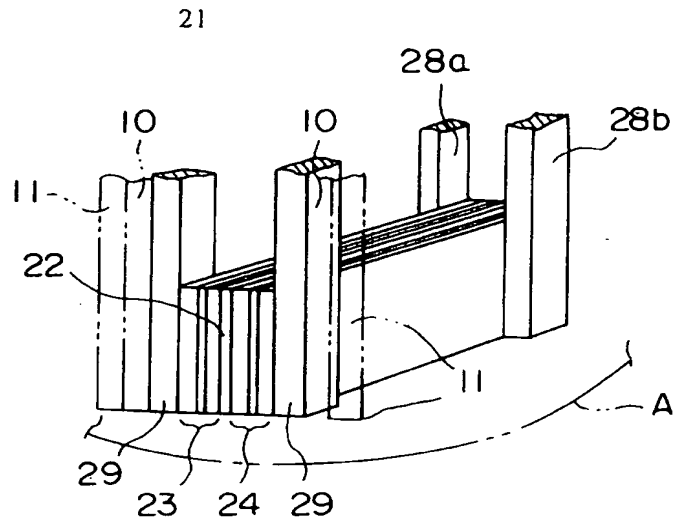
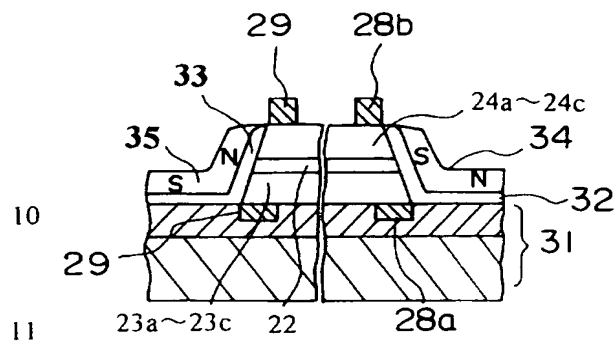


图.9



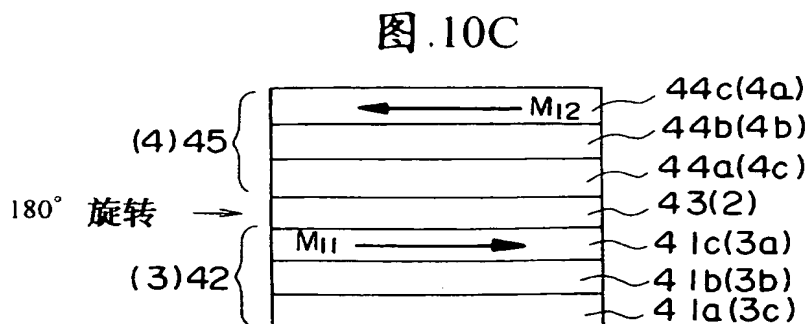
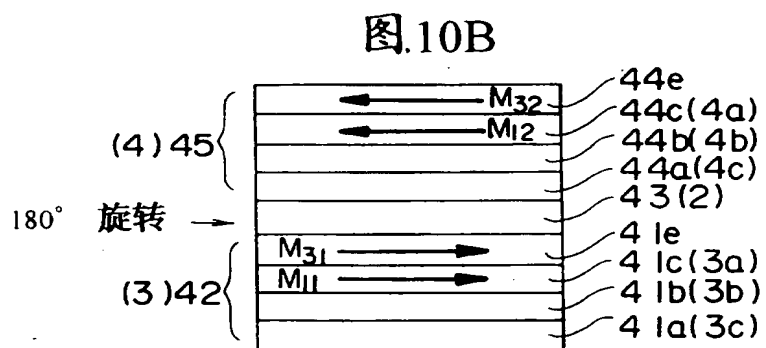
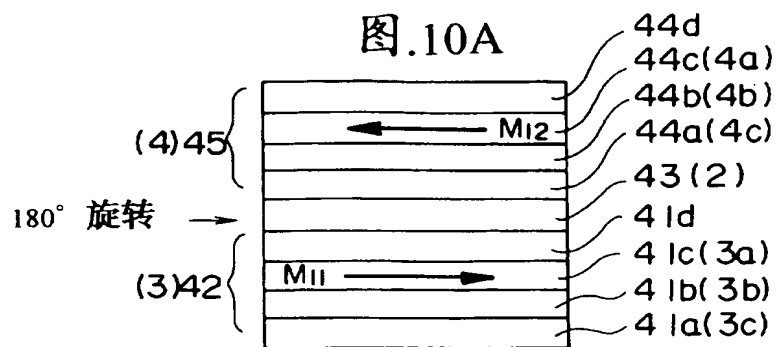


图.11A

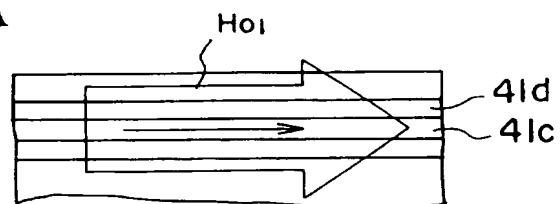


图.11B

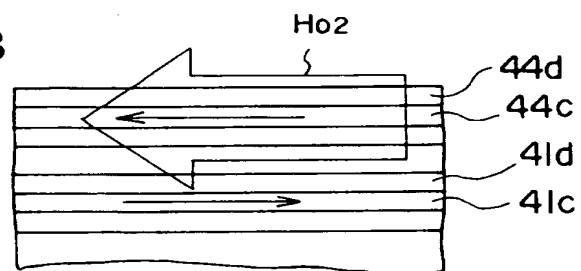


图.11C

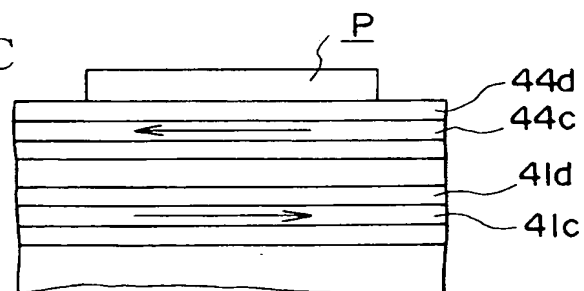


图.11D

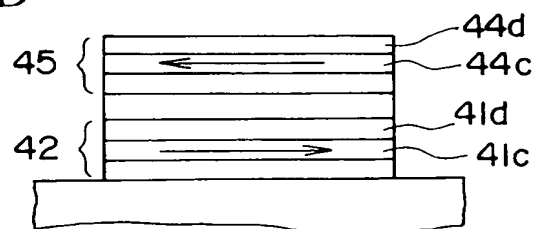


图.12A

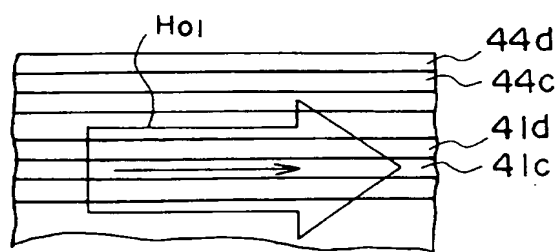


图12B

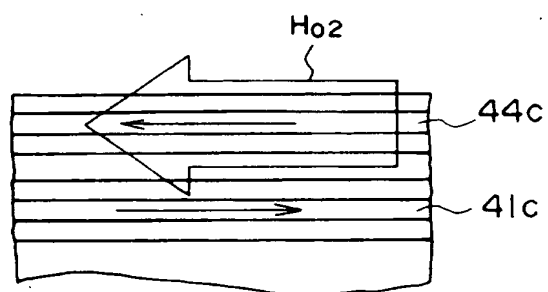


图 12C

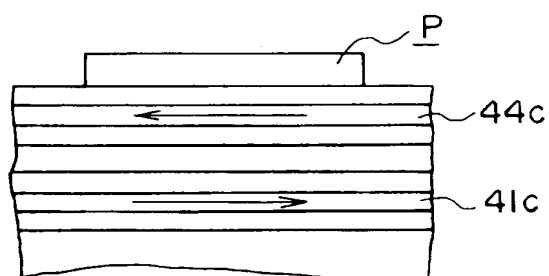


图.12D

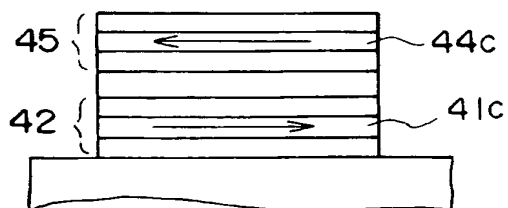


图.13A

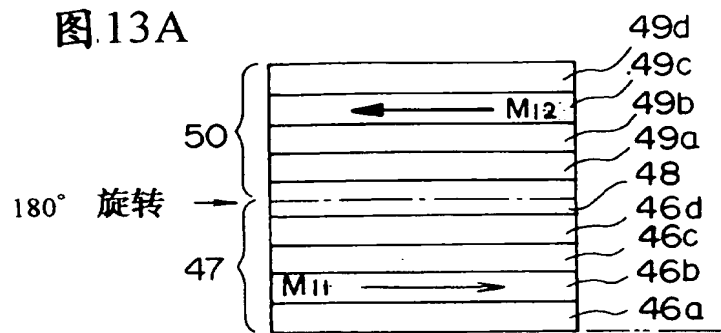


图.13B

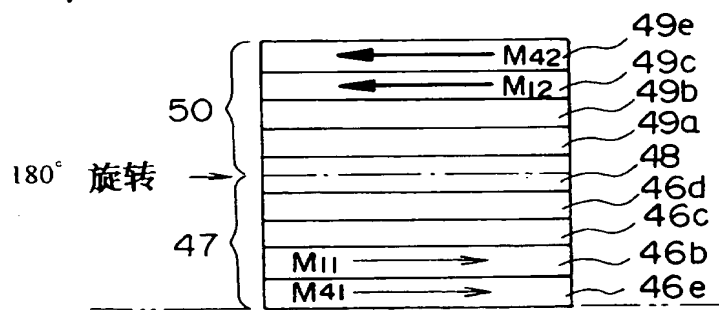


图.13C

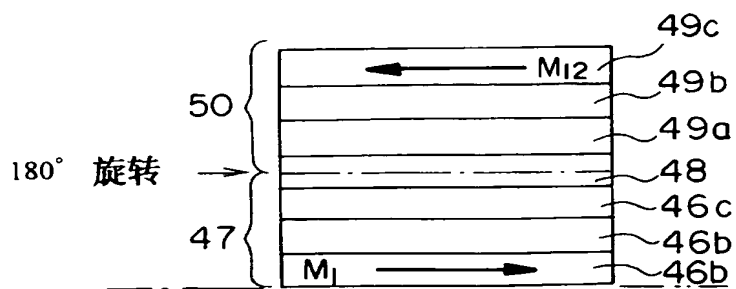


图.14A

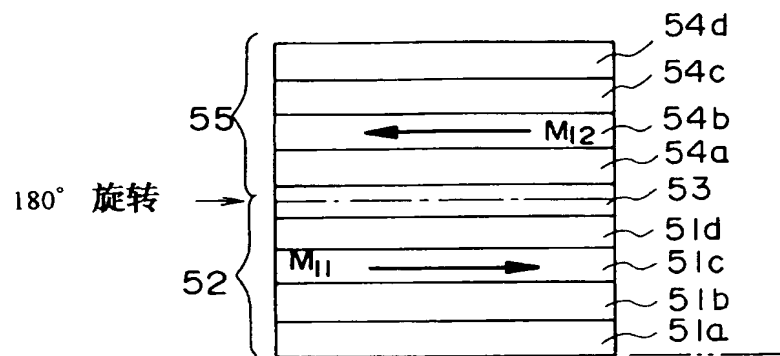


图.14B

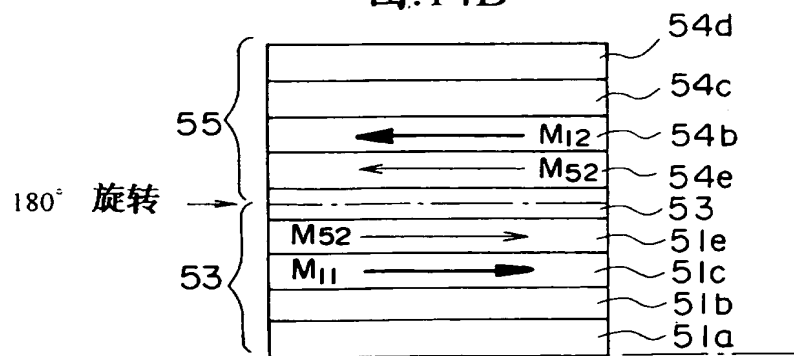


图 15A

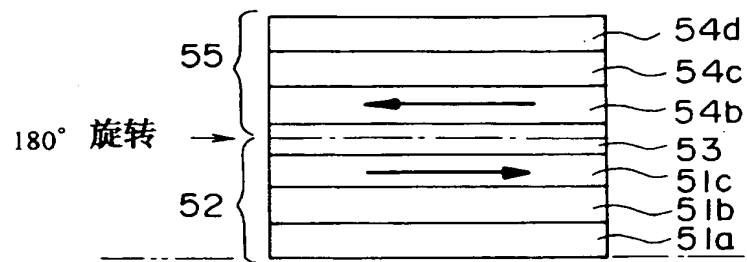


图 15B

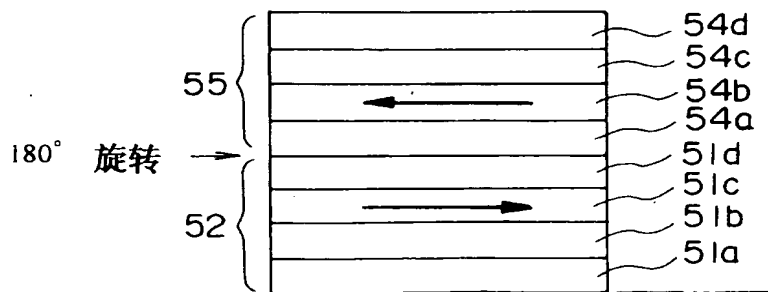


图.16A

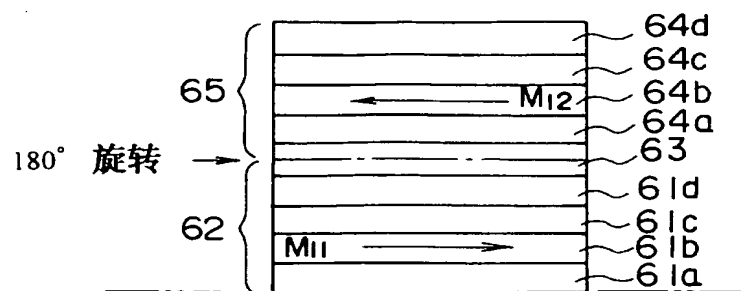


图.16B

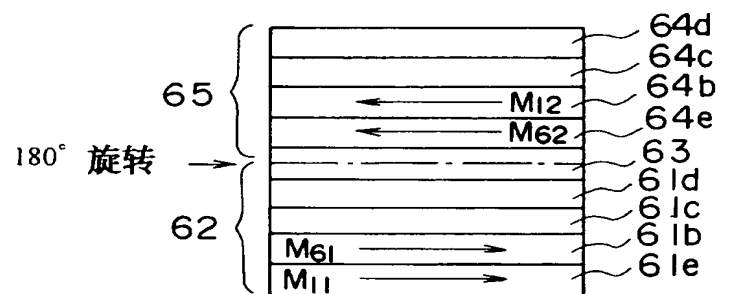


图.16C

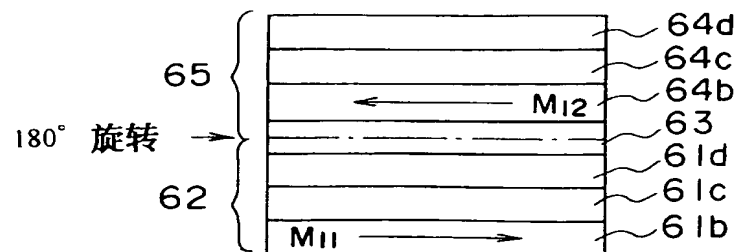


图17

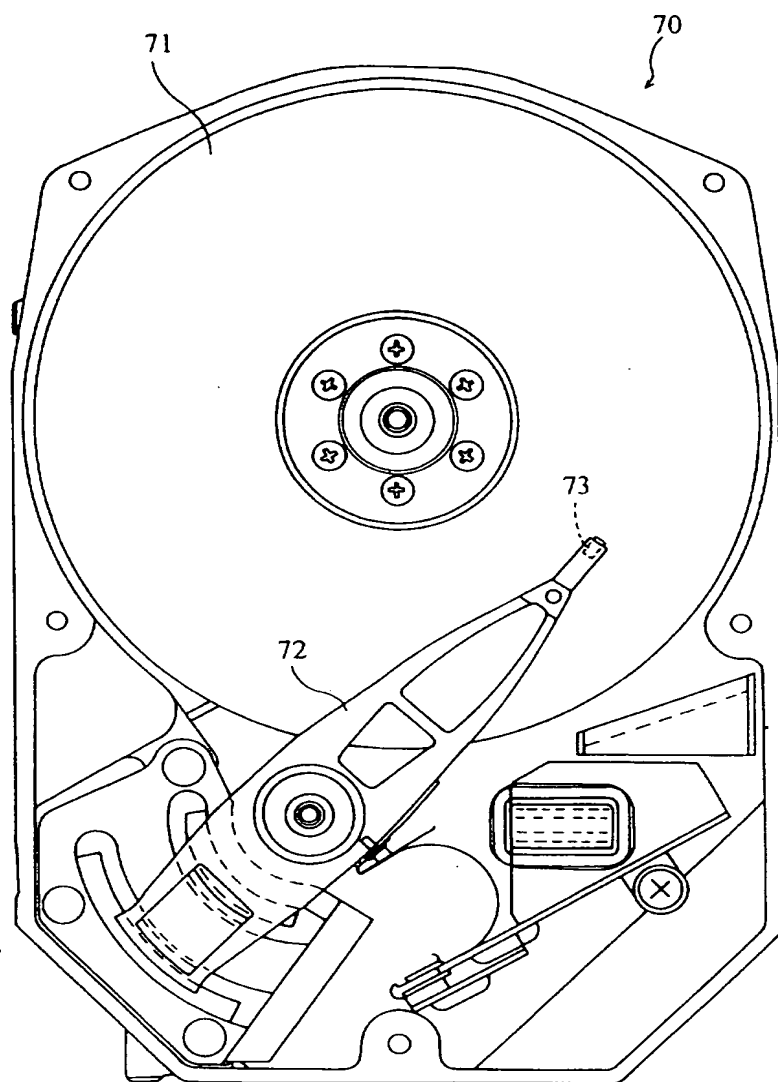


图18

